

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE
DE FEIJOEIRO COMUM COM APLICAÇÃO DE PROTETOR
SOLAR

Autora: Kenia Lorrany Trindade
Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa
Coorientador: Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo

CERES - GO
Setembro – 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO
COMUM COM APLICAÇÃO DE PROTETOR SOLAR

Autora: Kenia Lorrany Trindade
Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa
Coorientador: Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração Irrigação.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Trindade, Kenia Lorrany
T T833t Trocas gasosas crescimento e produtividade de
feijoeiro comum com aplicação de protetor solar /
Kenia Lorrany Trindade; orientador Cleiton Mateus
Sousa; co-orientador Hyrandir Cabral de Melo. --
Ceres, 2020.
59 p.

Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2020.

1. Fotossíntese . 2. transpiração. 3. Desempenho.
4. Fisiológico. 5. Rendimento. I. Sousa, Cleiton
Mateus , orient. II. Melo, Hyrandir Cabral de, co-
orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE
DE FEIJOEIRO COMUM COM APLICAÇÃO DE PROTETOR
SOLAR

Autora: Kenia Lorrany Trindade
Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa
Coorientador: Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado - Área de Concentração
Irrigação

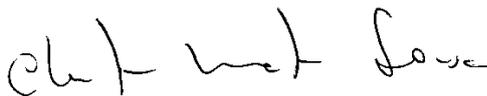
APROVADO em 29 de setembro de 2020.



Prof. Dr. Ederlon Flávio da V. Moline
Avaliador externo
Santa Clara Agrociência



Prof. Dr. Alan Carlos da Costa
Avaliador externo
IF Goiano - Campus Rio Verde



Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa
Orientador
IF Goiano – Campus Ceres

Aos meus pais, Suzana de Assis Peres Trindade e João Trindade Rocha, pelo apoio, compreensão ao longo desses dois anos e por tudo que foram e são em minha vida: exemplo de humildade, dignidade e luta. Essa conquista é tão minha quanto de vocês!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar nos caminhos da sabedoria e da fé.

Aos meus pais, por permanecerem ao meu lado e serem meu rochedo em momentos de fraquezas, me apoiando e incentivando.

Ao meu irmão por me ajudar inúmeras vezes durante os momentos de minha ausência, e a toda minha família.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, que proporcionou todo o suporte para a realização do experimento.

Ao meu orientador, professor Dr. Cleiton Mateus Sousa, que sempre acreditou em meu potencial e proporcionou todo suporte necessário para a conclusão deste projeto.

Ao meu coorientador, professor Dr. Hyrandir Cabral de Melo, pela atenção especial para agregar e transmitir seus conhecimentos.

Aos professores do Programa de Mestrado em Irrigação no Cerrado, pela experiência compartilhada e ensinamentos, fundamentais na minha formação profissional.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo fornecimento de material vegetativo para implantação do experimento.

À empresa Santa Clara Agrociência, pela doação do produto utilizado como fonte protetora.

Aos servidores e terceirizados do IF Goiano – Campus Ceres, que colaboraram e ajudaram na execução de inúmeras tarefas.

Aos alunos e amigos do programa de pós-graduação em Irrigação no Cerrado por me incentivarem e acima de tudo por serem companheiros nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos alunos de graduação do IF Goiano – Campus Ceres Vinícius, Letícia, Andressa, Gabriel, Wytalo e Hugo, pela ajuda nas atividades do experimento.

A todos aqueles que contribuíram para a realização desta dissertação, seja de forma direta ou indiretamente, deixo aqui registrados meu reconhecimento e minha gratidão

BIOGRAFIA DA AUTORA

Kenia Lorrany Trindade nasceu no dia 02 de setembro de 1995 em Ceres – Goiás, filha de João Trindade Rocha e de Suzana de Assis Péres Trindade. Tem curso técnico em Agropecuária integrado ao ensino médio pelo então Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, cursado entre os anos de 2010 e 2012. É bacharel em Agronomia pela mesma instituição, com conclusão no ano de 2017. No ano de 2018, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres sob orientação do prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa.

RESUMO

TRINDADE, KENIA LORRANY. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, agosto de 2020. **Trocas gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum com aplicação de protetor solar.** Orientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa. Coorientador: Prof. Dr. Hyrandir Melo de Cabral.

O feijoeiro destaca-se na produção de grãos no Brasil, assim a escolha de cultivares adaptadas torna-se importantíssimo. Avaliaram-se o efeito da aplicação de protetor solar comercial e sombreamentos em cultivares de feijão irrigado no Cerrado. Duas cultivares (BRS MG Realce e BRS FC 104) com e sem aplicação de protetor solar comercial foram cultivadas em vasos com ambientes sombreados (50% e 70%) e pleno sol com irrigação por gotejamento, sendo analisada a fotossíntese líquida, transpiração, variáveis de crescimento e produtividade e em campo com irrigação por pivô central avaliando crescimento e produtividade, com aplicação aos 33 DAE e 47 DAE. A fotossíntese líquida e a transpiração foram influenciadas pela aplicação de protetor somente aos 33 dias após emergência; os ambientes influenciaram a fotossíntese e transpiração aos 47 dias após emergência. As variáveis de crescimento e produtividade da cultivar BRS Fc104 não foram afetadas pela aplicação do protetor, porém, em ambientes sombreados, foram superiores ao cultivo a pleno sol. No cultivo a campo, a aplicação de protetor foliar influenciou somente o número de galhos nas cultivares BRS MG Realce e BRS Fc 104. O fator genético entre cultivares ficou evidenciado no cultivo a campo, realçando que o uso de protetor solar em feijoeiro cultivado com irrigação não influencia na produção.

Palavras-chave: Fotossíntese, transpiração, desempenho fisiológico, rendimento

ABSTRACT

TRINDADE, KENIA LORRANY. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute) Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, August 2020. **Gas exchange, growth, and yield of common bean with sunscreen application.** Advisor: Prof. Dr. Sousa, Cleiton Mateus. Co- advisor: Prof. Dr. Cabral Hyrandir Melo de.

The common bean stands out in the grain yield in Brazil, so the choice of cultivars adapted becomes especially important. This study aimed to evaluate the effect of applying commercial sunscreen and shading on cultivars of irrigated beans in the Cerrado (Brazilian Savannah). Two cultivars (BRS MG Realce and BRS FC 104) were cultivated with and without sunscreen application variables and in pots in shaded environments (50% e 70%) under full sun and with drip irrigation, being analyzed liquid photosynthesis, sweating, growth, and yield variables were analyzed and in the field with central pivot irrigation, growth, and yield variables were analyzed, with application to 33 DAE and 47 DAE. Liquid photosynthesis and sweating were influenced by the sunscreen application only at 33rd day after emergency. The environments have influenced photosynthesis and sweating at 47th day after emergency. The growth and yield variables of the BRS Fc104 cultivar were not affected by the sunscreen application but they were superior in shaded environments than in full sun. The leaf protector application has influenced only the number of branches in the BRS MG Realce and BRS Fc 104 cultivars in field crops. The genetic factor among cultivars was evident in field crop, emphasizing that the use of sunscreen in beans cultivated by irrigation has not influenced yield.

Keywords: Photosynthesis, physiological performance, sweating, yield.

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO I

Tabela 1. Fotossíntese e transpiração em feijoeiro com ou sem aplicação de protetor solar aos 33 e 47 dias após a emergência (DAE)..... 34

Tabela 2. Variáveis de crescimento e produção de feijoeiro comum, cultivar BRS Fc 104, cultivado em diferentes ambientes de cultivo..... 34

CAPÍTULO II

Tabela 1. Quadrado médio da análise de variância de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) submetidas à aplicação de protetor foliar. Ceres, GO, 2019. 52

Tabela 2. Número de galhos (NG), diâmetro de caule (DC), distância entre nós (DEN), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e produtividade (PROD) de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) irrigadas. Ceres, GO, 2019. 52

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Temperaturas (°C) máximas e mínimas do ar em três ambientes de cultivo de feijoeiro comum em Ceres-GO, no período de novembro de 2019 a janeiro 2020. 34
- Figura 2.** Evaporação (mm) e precipitação (mm) de novembro de 2019 a janeiro de 2020 em três ambientes de cultivo de feijoeiro em Ceres-GO. 35
- Figura 3.** Fotossíntese líquida em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, com e sem aplicação de protetor em diferentes ambientes de cultivo aos 33 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 8). 35
- Figura 4.** Transpiração em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 33 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre pelo teste de Tukey a 5% . Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 8). 36
- Figura 5.** Fotossíntese líquida em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 47 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 8). 36
- Figura 6.** Transpiração em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 47 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 8). 36

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Evaporação de água livre no Tanque Classe A (ECA), Evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura no período experimental de cultivo de feijão irrigado. Ceres, 2019. 52
- Figura 2.** Temperatura máxima e mínima no período experimental de cultivo de feijão irrigado. Ceres, 2019. 52
- Figura 3.** Número de galhos no cultivo de feijoeiro irrigado com aplicação de protetor solar. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 12). 53

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo/ Sigla	Significado	Unidade de medida
AIPV.....	Altura inserção primeira vagem.....	cm
AP.....	Altura de planta.....	cm
CV.....	Capacidade de vaso.....	-
°C.....	Graus Célsius.....	°C
DAE.....	Dias após emergência.....	-
DAS.....	Dias após semeadura.....	-
DEN.....	Distância entre os nós.....	mm
DC.....	Diâmetro de colmo.....	mm
há.....	Hectare.....	-
Irga.....	Analisador de gás portátil.....	-
Kc.....	Coefficiente de desenvolvimento da cultura.....	-
Kg.....	Quilograma.....	-
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare.....	-
Kgf.....	Quilograma força.....	-
L.....	Litro.....	-
L ha ⁻¹	Litro por hectare.....	-
mm.....	Milímetros.....	-
MGP.....	Massa de grãos planta.....	kg
MSP.....	Massa seca de planta.....	kg
NVP.....	Número de vagens planta.....	-
NG.....	Número de galhos.....	-
NGP.....	Número de grãos planta.....	-
PROD....	Produtividade.....	t ha ⁻¹
OS.....	Distância entre o primeiro e o segundo nó.....	-
PSOL.....	Pleno sol.....	-
QQ.....	Distância entre o quarto e o quinto nó.....	mm
ST.....	Distância entre o segundo e o terceiro nó.....	mm
TQ.....	Distância entre o terceiro e o quarto nó.....	mm
50S.....	50% de sombreamento.....	-
70S.....	70% de sombreamento.....	-
%.....	Porcentagem.....	-

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO13
1.1	Referências.....15
2	OBJETIVO GERAL.....17
4	CAPÍTULO I.....18
	Introdução 19
	Material e métodos 21
	Material vegetal e condições de cultivo21
	Imposição dos tratamentos.....22
	Avaliações fisiológicas.....23
	Avaliações biométricas23
	Delineamento experimental e análises estatísticas24
	Resultados e discussão 24
	Conclusão 30
	Agradecimentos.....30
	Referências 31
5	CAPÍTULO II37
	Introdução..... 39
	Material e métodos 40
	Material vegetal e condições de cultivo40
	Imposição dos tratamentos.....42
	Avaliações biométricas42
	Delineamento experimental e análises estatísticas43
	Resultados e discussão43
	Conclusão 47

	Agradecimentos.....	48
	Referências	49
6	CONCLUSÃO GERAL	54

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabaceae, sendo uma das principais culturas produzidas e consumidas no Brasil e os Estados do Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás os principais produtores. Na safra 2019/2020, a área semeada foi de 3,18 milhões de hectares, com produção de 3,4 milhões de toneladas e produtividade média de 1.035 Kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

O uso de cultivares melhoradas de feijoeiro vem dando contribuições significativas à eficiência do setor produtivo. Essas cultivares têm menor sensibilidade aos estresses bióticos e abióticos, resistência a doenças, maior eficiência no uso de nutrientes, alta produtividade e menor ciclo produtivo. As cultivares BRS FC104 e BRS MG Realce são exemplos, têm maturidade superprecoce, média de 65 a 85 dias, e maior resistência às doenças quando comparadas a outras cultivares (BARROS, 2019). Outros fatores como a irrigação possibilitam o cultivo do feijoeiro nas diferentes estações do ano nas diversas regiões do País.

O uso da irrigação visa a suprir as necessidades hídricas da planta. O cultivo do feijoeiro é diretamente influenciado pelas condições hídricas do solo, e tanto a deficiência quanto o excesso de água, nos diferentes estádios da cultura, comprometem a produtividade. O feijoeiro necessita de 300 a 500 mm de água por ciclo, exigindo eficiência na irrigação, pois em escala global, estima-se que 50% da água captada nos mananciais do Brasil seja para irrigação (ANA, 2019). Além da disponibilidade hídrica, fatores abióticos como temperaturas máxima e mínima, umidade do ar, vento e radiação solar influenciam na produção vegetal

O crescimento e o desenvolvimento do feijoeiro estão associados à luminosidade do ambiente e à interceptação da luz. A variação da luz incidente nas plantas pode alterar a arquitetura do dossel, o comprimento do caule e pecíolo, número de perfilhos ou ramificações, partição de biomassa, área foliar, rendimento de vagens, matéria seca, produtividade, entre outros (TEIXEIRA; STONE; HEINEMANN, 2015).

A luz incidente na superfície das folhas é absorvida por pigmentos, estando associada à excitação das clorofilas, hidrólise da molécula da água, obtenção de elétrons e à produção de ATP e NADPH utilizados na redução do carbono (ARAÚJO *et al.*, 2019). Em condições de excesso de luz, os carotenoides funcionam como dissipadores do excesso de energia absorvida, liberando na forma de calor pela interconversão no ciclo das xantofilas, podendo atuar como filtros solares (TROPALDI *et al.*, 2018).

As plantas C3 cultivadas no Cerrado encontram períodos do ano com alta radiação solar, assim como com altas temperaturas e déficit hídrico, exigindo mecanismos de dissipação de calor e compensação energética, podendo acarretar alterações moleculares, anatômicas, fisiológicas e morfológicas. Essas mudanças não devem estar associadas ao maior rendimento da cultura, visto a maior produção de grãos estar ligada diretamente à eficiência fotossintética. No Cerrado, essa eficiência pode ser comprometida, uma vez que altas temperaturas levam ao fechamento estomático consequentemente à diminuição de absorção de CO₂ (SABINO *et al.*, 2020).

Visando a proteger as plantas do excesso da radiação solar e das altas temperaturas, existem produtos comerciais com fontes primárias de cálcio, como silicato de cálcio e potássio, fontes de boro com cálcio e, principalmente, à base de carbonato de cálcio (AHMED *et al.*, 2013). A aplicação forma uma camada/película esbranquiçadas na superfície vegetal, possibilitando aumentar a reflectância dos raios solares, reduzir a temperatura foliar e a perda de água, favorecer a fotossíntese e a produtividade (BRITO *et al.*, 2019). O uso visa a melhorar as condições para o desenvolvimento das plantas, substituindo um possível sombreamento adotado em cultivos protegidos por telados (GHARAGHANI; JAVARZARI; VAHDATI, 2018).

Um exemplo promissor da utilização a campo desses produtos foi relatado em videiras. A aplicação de caulim influenciou significativamente o metabolismo da folha da uva e reforçou ser uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos adversos de estresses ambientais, como déficit hídrico e irradiância solar excessiva (CONDE *et al.*, 2018). Resultados semelhantes a campo foram alcançados em plantas de nozes, tendo a aplicação de caulim limitado a perda de água pela transpiração das folhas e os danos da fotoinibição, preservando a integridade dos tecidos foliares (LUCIANI *et al.*, 2020).

A utilização desses produtos ainda é pouco difundida em larga escala, com escassez de estudos e questionamentos quanto à sua eficiência comercial com finalidade protetora do excesso de radiação na agricultura. No feijoeiro, além de poucos relatos,

não há estratégias definidas para melhorar o desempenho da cultura com a aplicação destes produtos.

1.1 Referências

AHMED, F. F. ABDEL AAL, A. M. K.; EL- SAYED, M. A.; SAYED, H. R. Protecting Red Roomy Grapevines Growing Under Minia Region Conditions from Sunburn Damage. **Stem Cell**, v. 4, n. 2, p. 15-20, 2013. http://www.sciencepub.net/stem_ISSN:1945-4732 (online)

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Coefficientes técnicos de usos da água para a agricultura irrigada**, 2019. (Nota técnica).

ARAÚJO, L. L. N.; MELO, H. C. de; CASTIGLIONI, G. L.; LETÍCIA ALMEIDA Intensidade de radiação influenciando características morfofisiológicas em folhas de *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd. **Iheringia, Série Botânica**, v. 74, 2019.

BARROS, M. S. de. **Implicações da interação de genótipos com ambientes na recomendação de cultivares de feijoeiro comum: validação de regras e importância de fatores ambientais**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, 2019.

BRITO, C.; DINIS, L-T.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIA, C.; Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae**, v. 250, n. February, p. 310–316, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, 2020. (Nota técnica).

CONDE, A.; BREIA, R.; PIMENTEL, D.; DINIS, L-T; CUNHA, A.; PEREIRA, J. M. M.

Kaolin particle film application stimulates photoassimilate synthesis and modifies the primary metabolome of grape leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 223, December 2017, p. 47-56, 2018.

GHARAGHANI, A.; JAVARZARI, A. M.; VAHDATI, K. Kaolin particle film alleviates adverse effects of light and heat stresses and improves nut and kernel quality in Persian walnut. **Scientia Horticulturae**, v. 239, n. April, p. 35-40, 2018.

LUCIANI, E.; PALLIOTTI, A.; FRIONI, T.; TOMBESI, S.; VILLA, F.; ZADRA, C.; FARINELLI, D. Scientia Horticulturae Kaolin treatments on Tonda Giffoni hazelnut (*Corylus avellana* L.) for the control of heat stress damages. **Scientia Horticulturae**, v. 263, n. December 2019, p. 109097, 2020. <http://hdl.handle.net/10807/144696>.

SABINO, M.; FERNEDA, B. G.; MARTIM, C. C.; BOUVIÉ, L.; SILVA, C. C. da; SOUZA, A. P. de; SILVA, A. C. da; FELIPE, R. T. A. Crescimento inicial de ipê-amarelo amazônico e de cerrado cultivados sob diferentes intensidades de

sombreamento e comprimento espectral de onda. **Revista Interciencia**, v. 45,. Abril, 2020.

TEIXEIRA, G. C. da S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015.

TROPALDI, L.; BRITO, I. P. F. S. de; DIAS, R. de C.; ARALDI, R.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Eficácia de herbicidas inibidores da síntese de carotenoides no controle de espécies de capim-colchão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 443-453, 2018. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17111>

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar e potencializar as respostas fisiológicas e biométricas em feijoeiro irrigado na região do Cerrado pela aplicação de protetor solar comercial, visando a determinar a melhor dosagem como alternativa de potencialização da produtividade.

3 CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB)

Aplicação de protetor solar e sombreamento nas trocas gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum

Resumo - Estudos visando compreender os efeitos da utilização de protetores foliares na redução dos danos fisiológicos e morfológicos para o feijoeiro tornam-se importantes. Objetivou-se analisar o comportamento fisiológico, crescimento e produtividade do feijoeiro cultivar comum BRS Fc 104 em três ambientes de cultivo (pleno sol e sombreamentos 50 e 70%), com aplicação aos 33 DAE e 47 DAE e sem aplicação de protetor solar Protex® e irrigada via gotejamento. Foram analisadas a fotossíntese líquida e transpiração e variáveis de crescimento e produtividade ao final do ciclo. A aplicação do protetor solar aos 33 dias após emergência proporcionou redução na fotossíntese e na transpiração das plantas de feijoeiro, aos 47 dias após emergência não diferenciou com e sem o uso do protetor, já no ambiente com pleno sol observou-se menores taxas de fotossíntese e transpiração. A interação entre aplicação de protetor solar e os ambientes de cultivo não influenciaram nas variáveis de crescimento e de produção do feijoeiro comum cultivar BRS Fc104, somente o ambiente. Conclui-se que o sombreamento de 70% favoreceu a fotossíntese, o crescimento e a produtividade na cultivar BRS Fc104 já a aplicação do protetor solar Protex® não propiciar melhores condições nas plantas de feijoeiro BRS Fc104 irrigado.

Termos de Indexação: *Phaseolus vulgaris*, irrigação, radiação, fotossíntese, produção

CHAPTER I

[Standards according to the Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) magazine]

Sunscreen and shading application in common bean and its influence on gas exchange, growth, and yield

Abstract - Studies aiming to understand the effects on using foliar protective products for reducing physiological and morphological damages in beans are important. So, this study aimed to analyze the physiological behavior, growth, and yield of the common bean, BRS Fc 104 cultivar, in three crop environments (under full sun and 50% and 70% shaded) with application to 33 DAE and 47 DAE and without Protex[®] sunscreen application and drip irrigation. Liquid photosynthesis, sweating, growth, and yield variables were analyzed at the end of the cycle. The sunscreen application at the 33rd day after emergence provided reducing photosynthesis and sweating of bean plants, and at 47th day after emergence there was no difference with and without the use of protector; however, the lowest rates of photosynthesis and sweating were found in the environment under full sun. The interaction between sunscreen application and the crop environments has not influenced the growth and yield variables of the common bean, BRS FC 104 cultivar, only the crop environment. It is concluded that the 70% shading favored photosynthesis, growth, and yield of the BRS Fc104 cultivar, and the Protex[®] sunscreen application was not able to provide better conditions in irrigated BRS Fc104 bean cultivar.

Index Terms: *Phaseolus vulgaris*, irrigation, photosynthesis, production, radiation

Introdução

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*, L) é amplamente cultivado no Brasil, estando

presente em praticamente todos os Estados em diferentes épocas do ano, representando um dos pilares da dieta alimentar dos brasileiros. Sua ampla capacidade de adaptação edafoclimática favorece a diversificação da produção, porém fatores morfofisiológicos devem mais bem explorados para alcançar a máxima produtividade da cultura (Fuscaldi & Prado, 2005).

Em plantas com metabolismo fotossintético C3, como o feijoeiro, elevadas temperaturas aumentam a fotorrespiração, podendo chegar a mais de 40% de perdas na fotossíntese líquida, limitando a produtividade da cultura (Gerlach *et al.* 2013). A maior incidência da radiação está diretamente relacionada com o desenvolvimento das plantas, promovendo o melhor desempenho fisiológico, biométrico e de produtividade. Em relação à temperatura, cada cultura tem uma faixa de temperatura ideal. O feijoeiro em temperatura acima de 28 °C começa a perder órgãos reprodutivos (Hiolanda *et al.*, 2018). Essas condições adversas de temperatura podem ser encontradas no bioma Cerrado, sendo necessário o conhecimento técnico das exigências do cultivo do feijão para a região.

O bioma Cerrado é caracterizado por elevadas temperaturas (25°C a 40°C) e radiação solar e condições climáticas bem definidas durante as estações do ano. Apesar de essenciais às plantas, em excesso, essas condições causam estresses térmico e luminoso, principalmente a plantas C3 como o feijoeiro (Reis & Schmiele, 2019). Nesses ambientes hostis, essas plantas sofrem alterações na distribuição de energia e na atividade das enzimas do metabolismo do carbono, principalmente na taxa de regeneração da ribulose bifosfato (RuBP) (Mendes *et al.*, 2017). Formas de minimizar esse excesso de temperatura no sistema ocorrem naturalmente nas plantas por meio da transpiração pelos estômatos, entretanto, comercialmente, alguns produtos vêm sendo utilizados com a finalidade de melhorar a reflectância para controle da entrada da alta radiação, que leva ao excesso de temperatura (Brito *et al.*, 2019).

A aplicação de protetor solar em plantas está associada com a formação de uma

película à base de cálcio na superfície dos tecidos, que aumenta a reflectância e a eficiência hídrica e ainda reduz a transpiração, a absorbância da radiação solar e a temperatura foliar (Salib, 2018). Com isso, ocorre atenuação dos danos causados pelos estresses térmico e luminoso. Assim, a aplicação destes produtos pode ser promissora para a otimização da produção em condições de alta radiação solar e temperatura (Guimarães *et al.*, 2016).

Diante do exposto, objetivou-se trabalhar nesse estudo com as seguintes hipóteses a respeito do uso de protetor foliar comercial: 1) induzir melhor performance fotossintética em plantas de feijão sob alta luminosidade; e 2) auxiliar no incremento da produtividade. Assim, objetivou-se validar a possível influência da aplicação de protetor foliar comercial na fisiologia de plantas de feijão, submetidas a alta luminosidade.

Material e métodos

Material vegetal e condições de cultivo

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, nas coordenadas geográficas latitude -15.348569 Sul, longitude -49.600885 Oeste e 574 m de altitude, no período de novembro de 2019 a janeiro 2020. O clima do local é classificado no Sistema Internacional de Koppen - Geiger como Aw, com verão quente chuvoso e inverno seco ameno (Cardoso *et al.*, 2014).

A cultivar de feijoeiro utilizada foi a BRS Fc 104. Foram utilizados recipientes de polietileno com capacidade para 12 L, preenchidos com solo como substrato, com as seguintes características: Latossolo Vermelho, pH em H₂O = 5,10 (mg dm⁻³), matéria orgânica = 5,80 (mg dm⁻³), P = 0,5 (mg dm⁻³), K⁺ = 31,00 (mg dm⁻³), Ca²⁺ = 0,70 (cmolc dm⁻³), Mg²⁺ = 0,70 (cmolc dm⁻³), Al³⁺ = 0,10 (cmolc dm⁻³), H + Al = 1,80 (cmolc dm⁻³), T = 3,3 (cmolc dm⁻³).

³), soma de bases= 1,50 (cmolc dm⁻³), V= 45,11(%), argila= 60,2 (%), silte= 9,8 (%) e areia= 30,1(%).

A correção do solo e demais adubações para a cultura do feijoeiro foram feitas conforme recomendações da Embrapa (2012). Foi feita também adução de plantio com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando superfosfato simples (21% de P₂O₅). As sementes foram tratadas com o inseticida-nematicida (Cropstar[®]), na dosagem de 0,5 L para 100 kg de sementes, e a semeadura ocorreu no dia 07 de novembro de 2019. Aos 5 dias após a semeadura (DAS), foi feito o desbaste, deixando uma plântula por vaso. Os vasos foram mantidos a pleno sol e a umidade do substrato, em capacidade de vaso (CV), conforme Casaroli, Van Lier (2008).

Decorridos 12 dias após a emergência (DAE), foi feita a adubação de cobertura com 200 kg ha⁻¹ da fórmula 20-00-20 e 80 kg ha⁻¹ de N como ureia. Aos 15 DAE, foi feita a diferenciação dos ambientes de cultivo e, a partir de então, monitoradas a temperatura do ar, a umidade do ar, a precipitação e a evapotranspiração da cultura.

A temperatura do ar (Fig. 1) e a umidade do ar foram monitoradas por um termohigrômetro instalado em cada ambiente de cultivo. A umidade do ar máxima variou entre 60 e 99% e a mínima, entre 15 e 66%, com pequena variação entre os ambientes.

O fornecimento hídrico, a partir da diferenciação dos tratamentos, teve por base a leitura diária de tanques evaporímetros instalados em cada ambiente, o coeficiente de desenvolvimento da cultura (Kc) e a precipitação pluviométrica do período (Fig. 2). A irrigação foi feita com gotejadores com vazão de 2 L h⁻¹, fluxo autocompensante e pressão de serviço de 2,6 kgf. O turno de rega foi de dois dias.

Imposição dos tratamentos

Os tratamentos foram impostos nos estádios de desenvolvimento R6 e R7, início da floração (27 DAE) e início da formação de vagens (38 DAE). Foi feita aplicação manual do

protetor foliar comercial (Protex[®]), na dosagem de 10 mL por planta, resultando em uma concentração de 2L p.c. para 100 L de calda em plantas controle não foi realizada a aplicação. Após, as plantas foram submetidas a ambientes com 50% e 70% de sombreamento e pleno sol, entre os meses de novembro de 2019 e janeiro de 2020. A média de radiação solar nas condições experimentais pode ultrapassar $2200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, conforme descrito por Ávila (2019).

Avaliações fisiológicas

Foram feitas duas avaliações de trocas gasosas, utilizando o analisador de infravermelho (IRGA), modelo CI-340. As primeiras leituras foram feitas em plantas que se encontravam em estágio R6 (início da floração) e a segunda leitura em estágio R7 (início da formação de vagens), após cinco dias de aplicação do protetor solar, tendo sido utilizadas 12 repetições por tratamento para análise de trocas gasosas. As leituras foram feitas no primeiro trifólio totalmente expandido, entre 9 h 00 min e 11 h 00 min.

Avaliações biométricas

A colheita foi feita aos 65 DAE das plantas cultivadas no ambiente de pleno sol e aos 68 DAE das plantas cultivadas nos ambientes com 50% e 70% de sombreamento. Foram avaliados a altura de planta (AP), medindo-se do colo da planta até o limite da haste principal, a altura de inserção da primeira vagem (AIPV), medindo-se do colo da planta até a primeira vagem da primeira haste produtiva, o diâmetro de caule (DC) no terço médio do caule, o número de galhos (NG), a distância de entre os nós (do primeiro para o segundo nó (PS), do segundo para o terceiro nó, do terceiro para o quarto nó, do quarto para o quinto) com auxílio

de um paquímetro digital. Foram analisados também os dados de produtividade, compreendendo o número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de grãos por planta (MGP) e massa seca de planta (MSP). A pesagem foi feita utilizando uma balança analítica.

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcela subdividida 3x2, as parcelas sendo os ambientes de cultivo (pleno sol, sombreamentos de 50 ou 70%), as subparcelas, a aplicação do protetor solar (com ou sem aplicação), com 12 plantas por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5%, utilizando o software Sisvar 5.6.

Resultados e discussão

A fotossíntese e a transpiração aos 33 dias após a emergência (DAE) foram influenciadas pela aplicação do protetor solar (Tabela 1) e pelos ambientes de cultivo (Fig. 3 e 4) e, aos 47 DAE, somente pelos ambientes de cultivo (Fig. 5 e 6).

A aplicação do protetor solar aos 33 DAE proporcionou redução na fotossíntese e na transpiração das plantas de feijoeiro, provavelmente pelo fato de o produto formar uma película na superfície das folhas, bloqueando a absorção de luz, conseqüentemente causando diminuição da entrada de CO₂ no mesófilo foliar. Ainda como efeito dessa baixa absorção, possivelmente houve menor disponibilidade de CO₂ para o Ciclo de Calvin, conseqüentemente menor taxa fotossintética e queda na dissipação fotoquímica (SALIB,

2018). Como o feijoeiro é classificado quanto ao arranjo dos estômatos nas folhas como uma planta anfiestomática, não podemos inferir que deposição do produto tenha influenciado na atuação dos estômatos, visto que os estômatos da face abaxial seriam pouco bloqueados pelo produto (Ćosić *et al.*, 2018). Sendo assim, outra hipótese é que a película esbranquiçada formada na superfície foliar tenha gerado efeito de reflectância da luz solar, provocando declínio na atividade enzimática das enzimas envolvidas no ciclo de Calvin em razão de limitações na regeneração da RuBP (Dias & Bruggemann, 2010).

Aos 47 DAE, não houve diferença com e sem o uso do protetor, em razão da alta precipitação no intervalo entre a aplicação e a avaliação. No ambiente com pleno sol, foram encontradas as menores taxas de fotossíntese e transpiração (Fig. 3 e 4). Plantas de metabolismo fotossintético C3 geralmente apresentam um ponto de saturação luminosa mais baixo que plantas de metabolismo C4 e CAM. Casaroli e Van Lier (2015) expõem que o feijoeiro atinge seu valor máximo quando a radiação fotossinteticamente ativa está entre 900 e 1000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e que, as plantas, ao serem expostas a altos níveis de radiação e excesso de luminosidade, atingem o ponto de saturação. Vale ressaltar ainda que os índices de clorofilas e carotenoides podem ser influenciados positivamente pelos níveis de sombreamento, indicando adaptação às condições de sombra proporcionadas por esses pigmentos acessórios, levando as plantas a captar maior quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa (Araújo *et al.*, 2019).

Em razão da grande incidência luminosa em plantas cultivadas sob pleno sol, houve um desbalanço de fótons disponíveis para o fotossistema I e fotossistema II (Zheng & Van Labeke, 2017), afetando suas subunidades, reduzindo a expressão da subunidade menor da Rubisco (Landi *et al.*, 2020), alterando, assim, a performance fotossintética. Como a capacidade fotossintética das plantas foi prejudicada, uma grande fração de energia absorvida foi dissipada por rotas alternativas, sendo uma das rotas para esta dissipação de energia a

dissipação na forma de calor, constatando, assim, a necessidade de um ajustamento do mecanismo de dissipação de energia luminosa absorvida na forma de calor (Coelho *et al.*, 2014). Além disso, podemos inferir que, como consequência dessa redução na transpiração, pode ter ocorrido aumento na temperatura foliar, visto que a transpiração, além de atuar nas trocas gasosas, também atua no resfriamento da folha, ou seja, atua controlando a temperatura foliar (Crawford *et al.*, 2012).

Aos 47 DAE, após a segunda aplicação do protetor solar, observou-se que os ambientes de cultivo influenciaram nos parâmetros de fotossíntese e de transpiração (Fig. 5 e 6). Em condições de pleno sol, a fotossíntese e a transpiração foram menores em razão provavelmente do fechamento estomáticos, resultando na menor produção de fotossimilados (Santos, 2016). A cultivar BRS Fc 104 apresenta uma boa condição de adaptação do aparato fotossintético a diferentes ambientes de cultivo, em especial, é referenciado que em ambientes sombreados há maior acúmulo de recursos para órgãos vegetativos, afetando a produtividade, ressaltando ainda que houve acréscimo de 5% no potencial do FSII (Fv/Fm) em plantas cultivadas a 50% de sombreamento (Souza *et al.*, 2009).

Assim como a fotossíntese, a transpiração, após a segunda aplicação, sofreu influência apenas dos ambientes de cultivo. A transpiração foi menor nos ambientes de pleno sol e 50% de sombreamento em relação ao ambiente de 70% de interceptação da radiação (Fig. 6).

O ciclo produtivo da cultivar BRS Fc 104 é de aproximadamente 75 dias da semeadura à colheita, porém, em todos os ambientes, houve antecipação desse período médio. A antecipação do ciclo do cultivar BRS Fc 104 pode estar associada à influência da luz no tempo necessário para ocorrência das fenofases.

A interação entre aplicação de protetor solar e ambientes de cultivo não influenciou nas variáveis de crescimento e de produção do feijoeiro comum, cultivar BRS FC 104. Já os ambientes de cultivo influenciaram na altura de planta, altura de inserção da primeira vagem,

distância entre os nós (PS, ST, TQ, QQ), número de vagens por planta, número de grão planta, massa grãos por planta, massa seca de plantas (Tabela 2).

Considerando que o experimento foi conduzido em condições de verão, com altas temperaturas e alta radiação solar no local, conseqüentemente essas condições podem ter ocasionado a diminuição da fixação de CO₂ pelo fechamento estomático em plantas a pleno sol, levando a uma redução da alocação de C em folhas e tecidos de crescimento (Liang *et al.*, 2020). Inferindo-se que o sombreamento favoreceu o acúmulo de massa seca (Tabela 2) pelo incremento da fotossíntese líquida (Fig. 5). Esse acúmulo de massa seca indica um balanço positivo de carbono na planta, visto que o carbono que foi fixado está sendo direcionado para o acúmulo de biomassa (Charbonnier *et al.*, 2017).

Observou-se que o sombreamento proporcionou maior altura das plantas, comprimento entre o segundo, terceiro e quarto nó e acúmulo de massa seca das plantas (Tabela 2). A altura da planta e a distância entre as gemas, entre os nós, estão associadas com a divisão e a expansão celular, que são controladas pela ação de hormônios vegetais e fotorreceptores. É possível que a baixa intensidade luminosa, assim como os dias longos, tenham aumentado a capacidade de resposta das giberelinas endógenas, induzindo aumento da capacidade de resposta do tecido celular e das regiões meristemáticas (Assis *et al.*, 2014), ocasionando alongamento entre os nós pela expansão e divisão celular (Pereira *et al.*, 2019).

A altura da inserção da primeira vagem foi superior no ambiente de 70% em relação ao pleno sol, já quando proporcionado 50% de sombreamento a média foi equivalente ao ambiente de cultivo a 70% e a pleno sol. A altura de inserção da primeira vagem influenciou diretamente na quantidade de vagens que a planta produziu. Plantas com primeira vagem mais próxima da base do solo suportaram maior número de vagens. Em cultivo de soja em diferentes sombreamentos, foi possível observar que quanto maior o nível de sombreamento mais altas as plantas ficaram em razão de um maior alongamento celular desenvolvido pelas

plantas, sendo que o nível de sombreamento que mais apresentou diferença significativa foi o de 50% de interceptação da radiação (Tibolla *et al.*, 2019).

A distância entre os nós mostra o crescimento e o desenvolvimento da planta, além de serem desenvolvidas por ordem natural alguns fatores fisiológicos que podem sofrer alteração em razão do ambiente a que as plantas estão submetidas. A distância entre os nós no caso do feijoeiro influencia no número de ramos secundários que serão emitidos, sendo a relação inversamente proporcional, pois nos mais distantes ocorre menor número de ramificações possíveis de produzir vagens e grãos. No ambiente a pleno sol, o comprimento do primeiro para o segundo nó foi semelhante nos ambientes de 50% e 70%. Do segundo para o terceiro nó, o maior alongamento ocorreu nos ambientes de 50% e 70% de sombreamento, sendo que a pleno sol a média foi de 8,33 mm e nos demais, de 10,29 e 10,60 mm, respectivamente. A distância entre o terceiro e o quarto nó apresentou resultados semelhantes, tendo a melhor média obtida sido alcançada no ambiente a pleno sol, e os ambientes de 50% e 70% não diferiram estatisticamente entre si.

Diversos metabolismos da planta são afetados por intensidade de luz, qualidade, período e temperatura, entre os quais a síntese e a produção de hormônios como giberelinas endógenas, induzindo aumento da capacidade de resposta do tecido celular e das regiões meristemáticas, aumento da área foliar, visando a capturar mais luz para combater a baixa capacidade fotossintética e o incremento do metabolismo secundário (Manivannan *et al.*, 2017). Resultados semelhantes foram relatados em outras espécies, incluindo *Solanum lycopersicum* L., (Naznin *et al.*, 2019). O aumento do comprimento da parte aérea em plantas expostas a baixa luminosidade tem sido associado ao controle do equilíbrio da atividade da enzima AIA oxidase, em que a ativação do pigmento vermelho desencadeia os sistemas de enzimas oxidativas que convertem os cofatores da enzima AIA oxidase que servem como inibidores, promovendo aumento de auxinas endógenas (Oh *et al.*, 2015).

O número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos por planta são variáveis correlatas, tendo essas três variáveis apresentado as maiores médias no ambiente com 70% de sombreamento. O número de vagens por planta obteve a maior média a 70% de sombreamento, com valor de 18,04; seguido, respectivamente, pelas médias de 50% de sombreamento (8,98) e pleno sol (4,16). Observa-se que quanto menor a incidência de luminosidade maior a influência no desenvolvimento de vagens. Para número de grãos por planta, o ambiente de 70% de sombreamento obteve resultado 895% maior que em pleno sol, com médias de 55,87 e 6,24, respectivamente. Já para 50% de sombreamento, as médias obtidas foram 535% inferior a 70% de sombreamento e 380% superior ao pleno sol.

Para massa de grãos por planta, o ambiente de 70% de sombreamento apresentou média de 13,10 g, superior aos demais ambientes em 32,67% e 6,16%, respectivamente. A massa de grãos se reflete na produção, pois grãos mais pesados resultam de maior acúmulo de subprodutos advindos do processo fotossintético. Massa seca é todo material resultante da secagem (retirada de água) das plantas em condições controladas. Para o presente estudo, as melhores médias obtidas ocorreram nos ambientes de 50% a 70%, apresentando 14,16 e 13,12, respectivamente. No ambiente a pleno sol, as plantas cresceram menos, houve menor produção de galhos, conseqüentemente menor produção foliar, o que pode ter levado a uma média inferior (9,12) em relação aos demais ambientes.

Estes resultados indicaram que maior incidência de sombreamento durante o cultivo favoreceu parâmetros relacionados tanto ao desempenho fisiológico, como de crescimento e produtividade na cultivar BRS Fc104, indicando que a redução da incidência luminosa em plantas desta cultivar levou a um melhor desempenho. Com isso, ressalta que a consorciação com culturas que proporcionem sombreamento pode beneficiar rentabilidade aos produtores, ao atribuir recursos de crescimento, como nutrientes, umidade e interceptação de luz (Yu *et*

al., 2016), assim como observado por Nassary *et al.* (2020) ao promover o consórcio de feijão com milho.

Os resultados obtidos indicam ainda que o protetor solar comercial Protex® não foi capaz de alterar o metabolismo em plantas de feijão nas condições utilizadas neste experimento, sendo evidenciados apenas os resultados decorrentes da condição de sombreamento. Os respectivos resultados fornecem novas perspectivas para a produção de feijoeiros, indicando que a produção em áreas com menos incidência luminosa implica obtenção de maior produtividade e desempenho fisiológico das cultivares.

Conclusão

Conclui-se que:

- a) O sombreamento de 70% favoreceu a fotossíntese, o crescimento, a formação de grãos e a produtividade geral da cultivar de feijoeiro BRS Fc104;
- b) A aplicação do protetor solar Protex® não foi capaz de propiciar efeitos semelhantes ao sombreamento na mesma cultivar irrigada.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, que proporcionou todo o suporte para a realização do experimento.

Ao meu orientador, professor Dr. Cleiton Mateus Sousa, que sempre acreditou em meu potencial e proporcionou todo suporte necessário para a conclusão deste projeto.

Ao meu coorientador, professor Dr. Hyrandir Cabral de Melo, pela atenção especial para agregar e transmitir seus conhecimentos.

Aos professores do Programa de Mestrado em Irrigação no Cerrado, pela experiência compartilhada e ensinamentos, fundamentais na minha formação profissional.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo fornecimento de material vegetativo para implantação do experimento.

À empresa Santa Clara Agrociência, pela doação do produto utilizado como fonte protetora. Aos servidores e terceirizados do IF Goiano – Campus Ceres, que colaboraram e ajudaram na execução de inúmeras tarefas.

Aos alunos e amigos do programa de pós-graduação em Irrigação no Cerrado por me incentivarem e acima de tudo por serem companheiros nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos alunos de graduação do IF Goiano – Campus Ceres Vinícius, Letícia, Andressa, Gabriel, Wytalo e Hugo, pela ajuda nas atividades do experimento.

A todos aqueles que contribuíram para a realização desta dissertação, seja de forma direta ou indiretamente, deixo aqui registrados meu reconhecimento e minha gratidão

Referências

ARAÚJO, L. L. N.; MELO, H. C. de, CASTIGLIONI, G. L.; GONÇALVES, L. A. Intensidade de radiação influenciando características morfofisiológicas em folhas de *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd. **Iheringia, Série Botânica**, v. 74, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-82312019v74e2019001>

ASSIS, G. A. de; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; DOMINGHETTI, A. W. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities: Growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1116-1123, 2014. ISSN 1415-4366 DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1116-1123

ÁVILA, E. A.da S. **Trocas gasosas, crescimento e produtividade de cafeeiros (Coffea arabica) irrigados em Ceres - Goiás**. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) - Instituto Federal Goiano, p. 106, 2019.

BRITO, C.; DINIS, L. T.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIA, C. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae**, v. 250, n. February, p. 310-316, 2019.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic Classification of Köppen-Geiger For the State of Goiás and Federal District. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CASAROLI, D.; VAN LIER, Q. de J.. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 59-66, 2008.

CASAROLI, D.; VAN LIER, Q. de J.. Resposta fotossintética do feijoeiro em função da intensidade de radiação e do teor de água no solo. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, MT, v. 13, n. 1, p. 69-75, 2015.

CHARBONNIER, F.; ROUPSARD, O.; LE MAIRE, G.; GUILLEMOT, J.; CASANOVES, F.; LACOINTE, A.; VAAST, P.; ALLINNE, C.; AUDEBERT, L.; CAMBOU, A.; VIDAL, A. C.; DEFRENET, E.; DUURSMA, R. A.; JARRI, L.; JOURDAN, C.; KHAC, E.; LEANDRO, P.; MEDLYN, B. E.; SAINT-ANDRÉ, L.; THALER, P.; MEERSCHKE, K. V. D.; AGUILAR, A. B.; PETER LEHNER, P.; DREYER, E. Increased light-use efficiency sustains net primary productivity of shaded coffee plants in agroforestry system. **Plant Cell and Environment**, v. 40, n. 8, p. 1592-1608, 2017.

COELHO, D. S.; MARQUES, M. A. D.; SILVA, J. A. B. da; GARRIDO, M; da S.; CARVALHO, P. G. S. de. Respostas fisiológicas em variedades de feijão caupi submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Brazilian Journal of Biosciences**, v. 12, n. 2011, p. 14-19, 2014.

ĆOSIĆ, M.; STRIČEVIĆ, R.; DJUROVIĆ, N.; LIPOVAC, A.; BOGDAN, I.; PAVLOVIĆ, M. Effects of irrigation regime and application of kaolin on canopy temperatures of sweet pepper and tomato. University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Zemun, **Scientia Horticulturae**, v. 238, January, p. 23-31, 2018. www.elsevier.com/locate/scihorti.

CRAWFORD, A. J., MCLACHLAN, D. H., HETHERINGTON, A. M., FRANKLIN, K.A. High Temperature Exposure Increases Plant Cooling Capacity. **Current Biology**, v.2, n.10, p. 396-397, 2012.

DIAS, M. C., BRUGGEMANN, W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* Under Drought Stress: Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Calvin Cycle Enzymes. **Photosynthetica**, v. 48, n. 1, p. 96-97, 2010.

FUSCALDI, K. DA C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 17-30, 2005.

GERLACH, G. A., ARF, O., CORSINI, D. C., SILVA, J. C., COLETTI, A. J. Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 42-49, 2013.

GUIMARÃES, D. S.; NASCIMENTO, M. N. do; SILVA, N. S. Influência da luminosidade no crescimento e fenologia de plantas de *Physalis ixocarpa* 'ROXA'. **Anais Seminário de Iniciação Científica**, p. 3-6, 2016.

HIOLANDA, R.; MACHADO, D. H.; JUNIOR CANDIDO, W.; FARIA, L. C. de; DALCHIAVON, F. C. Desempenho de genótipos de feijão carioca no Cerrado Central do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 815-824, 2018. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17285>.

LANDI, M.; ZIVCAK, M.; SYTAR, O.; BRESTIC, M.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Allakhverdiev, Plasticity of photosynthetic processes and the accumulation of secondary metabolites in plants in response to monochromatic light environments: A review, **Biochim. Biophys. Acta**, n. 148131, 2020. DOI: 10.1016/j.bbabbio.2019.148131

LIANG, X. G.; GAO, Z.; SHEN, S.; MATTHEW, J.; ZHANG, L.; ZHAO, X.; LIN, S.; WU, G.; CHEN, X.; ZHOU, S. L. Differential ear growth of two maize varieties to shading in the field environment: Effects on whole plant carbon allocation and sugar starvation response. **Journal of Plant Physiology**, v. 251, n. 153194, 2020.

MANIVANNAN, A.; SOUNDARARAJAN, P.; PARK, Y. G.; WEI, H.; KIM, S. H.; JEONG, B. R. Blue and red light-emitting diodes improve the growth and physiology of in vitro-grown carnations 'Green Beauty' and 'Purple Beauty,' **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 58, p. 12-20, 2017.

MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; NASCIMENTO, H. C. S. Velocidade de carboxilação da rubisco e transporte de elétrons em espécies arbóreas em resposta a fatores do ambiente na Amazônia Central. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 947-959, 2017.

NASSARY, E. K.; BAIJUKYA, F.; NDAKIDEMI, P. A. Productivity of intercropping with maize and common bean over five cropping seasons on smallholder farms of Tanzania. **European Journal of Agronomy**, v. 113, n. 125964, 2020.

NAZNIN; T.; PARK, C. H.; LEFSRUD, M.; AZAD, O. K. Effect of different combinations of red and blue led light on growth characteristics and pigment content of *in vitro* tomato plantlets, **Agriculture**, v. 9 n. 196, 2019. <https://doi.org/10.3390/agriculture9090196>

OH, W.; KIM, J; KIM, Y. H.; LEE, I-J.; KIM, K. S.. Shoot Elongation and Gibberellin Contents in *Cyclamen persicum* Are Influenced by Temperature and Light Intensity. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 56, n. 6, p. 762-768, 2015.

PEREIRA, L. F.; MATSUMOTO, S. N.; OLIVEIRA, U. S. de; RAMOS, P. A. S.; TEIXEIRA, E. C.; GONÇALVES, A. N. S.; GUGÉ, R. M. A.; VIRGIANE, A. S.; VALE, E. S. do; SILVA, T. M.; MATOS, P. e S.; MEINEN JÚNIOR, E.; GODOI, R. L.; ALMEIDA, C. de S.. Manejo da supressão e estímulo à biossíntese de giberelina em cafeeiros arábica. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 1-12, 2019.

SALIB, N. C. **Respostas fisiológicas de soja à aplicação de caulim e carbonato de cálcio**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", p. 54, 2018.

SANTOS, P. L. D. S. **Respostas fisiológicas do feijão-caupi submetidos a restrição hídrica e aplicação de óxido de cálcio sobre as folhas**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e

Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, p. 44, 2016.

SOUZA, G. M.; BALMANT, B. D.; VÍTOLO, H. F.; GOMES, K. B. P.; FLORENTINO, T. M.; CATUCHI, T. A.; VIEIRA, W. de L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botanica Brasílica**, v. 23, n. 2, p. 474-485, 2009.

TIBOLLA, L. B.; SCHWERZ, F.; SGARBOSSA, J.; ELLI, E. F.; NARDINI, C.; MEDEIROS, S. L. P.; SCHMIDT, D.; CARON, B. O. Effect of artificial shading on soybean growth and yield Efeito do sombreamento artificial no crescimento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1-7, 2019. DOI:10.5039/agraria.v14i4a6876

Y. YU, Y.; STOMPH, T.-J.; MAKOWSKI, D.; VAN DER WERF, W. A meta-analysis of relative crop yields in cereal/legume mixtures suggests options for management. **Field Crops Research**, v. 184, p. 133-144, 2016.

ZHENG, L.; VAN LABEKE, M.C. Long-Term Effects of Red- and Blue-Light Emitting Diodes on Leaf Anatomy and Photosynthetic Efficiency of Three Ornamental Pot Plants, **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

Tabela 1. Fotossíntese e transpiração em feijoeiro com ou sem aplicação de protetor solar aos 33 e 47 dias após a emergência (DAE).

TRATAMENTO	33 DAE		47 DAE	
	Fotossíntese ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Transpiração ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Fotossíntese ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Transpiração ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
Com protetor	20,416 b*	2,226 b	16,229 a	2,260 a
Sem protetor	28,607 a	3,152 a	19,341 a	2,420 a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Média \pm SE (n=12).

Tabela 2. Variáveis de crescimento e produção de feijoeiro comum, cultivar BRS Fc 104 cultivado em diferentes ambientes de cultivo.

Ambiente	AP	AIPV	PS	ST	TQ	QQ	NVP	NGP	MGP	MSP
PSOL	84,04 \pm 8,58b*	14,60 \pm 1,71a	10,26 \pm 1,07ab	8,33 \pm 0,83b	9,02 \pm 0,87b	11,36 \pm 1,19b	4,16 \pm 0,60 c	6,24 \pm 0,94 c	0,808 \pm 0,14b	9,12 \pm 1,00 b
50S	143,68 \pm 9,60a	10,64 \pm 0,91b	9,29 \pm 0,50b	10,29 \pm 0,61 a	13,49 \pm 0,90 a	20,45 \pm 1,19a	8,89 \pm 1,32 b	23,73 \pm 4,01 b	4,280 \pm 0,80b	14,16 \pm 1,00 a
70S	145,08 \pm 6,36a	12,44 \pm 0,89ab	11,19 \pm 0,36a	10,60 \pm 0,42 a	12,93 \pm 0,59 a	18,27 \pm 0,93a	18,04 \pm 1,73 a	55,87 \pm 6,78 a	13,10 \pm 1,90 a	13,12 \pm 1,03a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Média \pm SE (n=24).



Figura 1. Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) máximas e mínimas do ar em três ambientes de cultivo de feijoeiro comum em Ceres-GO, no período de novembro de 2019 a janeiro 2020.

Fonte: A autora (2020).

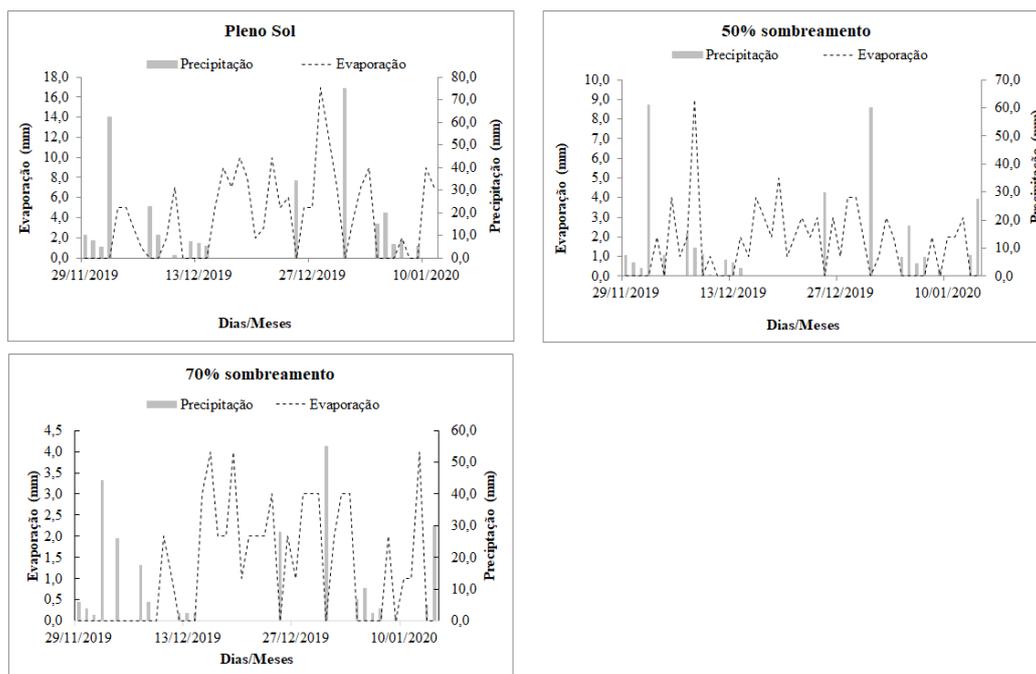


Figura 2. Evaporação (mm) e precipitação (mm) de novembro de 2019 a janeiro de 2020 em três ambientes de cultivo de feijoeiro em Ceres-GO.

Fonte: A autora (2020).

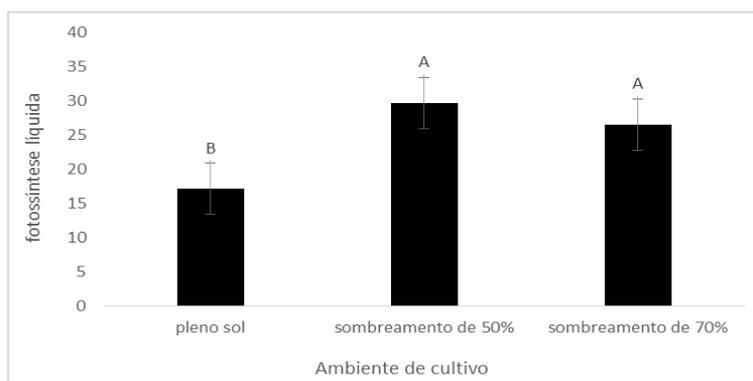


Figura 3. Fotossíntese líquida em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 33 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 12).

Fonte: A autora (2020).

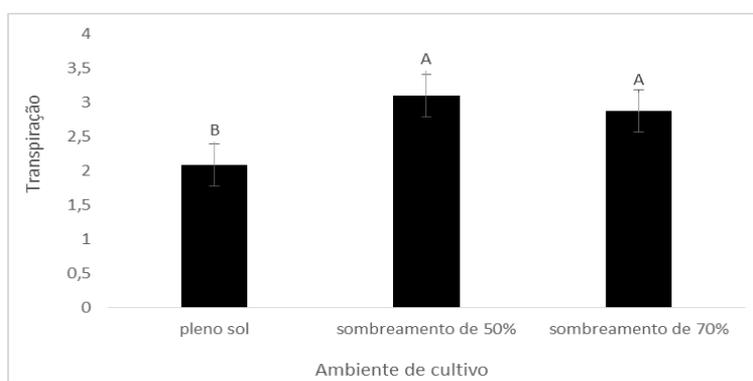


Figura 4. Transpiração em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 33 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 12).

Fonte: A autora (2020).

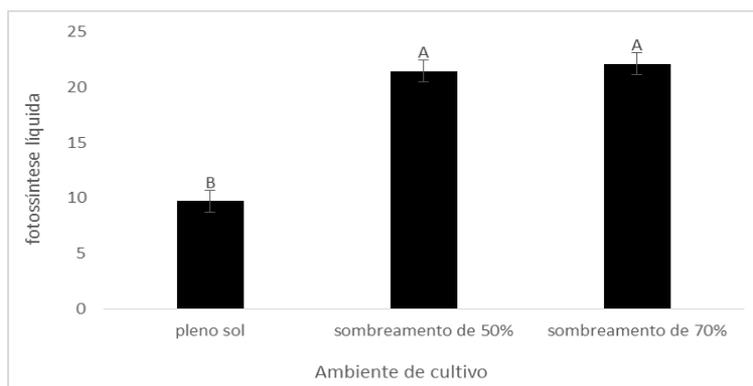


Figura 5. Fotossíntese líquida em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 47 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 12).

Fonte: A autora (2020).

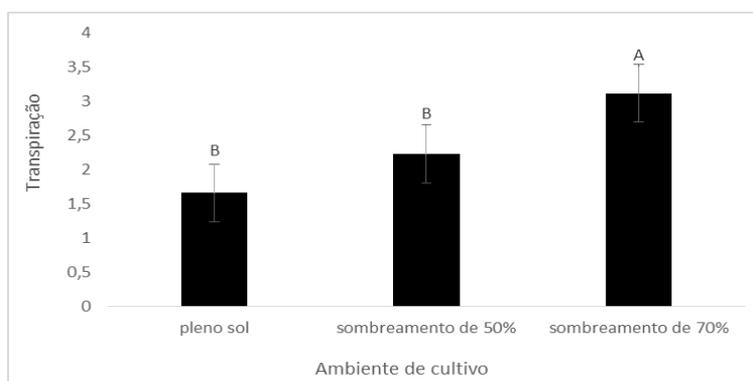


Figura 6. Transpiração em feijoeiro, cultivar BRS Fc 104, em diferentes ambientes de cultivo aos 47 DAE. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão (n = 12).

Fonte: A autora (2020).

CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB)

Aplicação de protetor solar em duas cultivares de feijoeiro irrigado, cultivado no Cerrado

Resumo - O cultivo do feijoeiro no Cerrado enfrenta limitações devido a fatores climáticos e desenvolvimento de cultivares adaptadas, tornando-se importante estudos de produtos comerciais que mitiguem esses efeitos. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de protetor solar a base de carbonato de cálcio e aditivos no crescimento e produtividade de duas cultivares de feijoeiro comum irrigadas no Cerrado. As cultivares BRS MG Realce e BRS FC 104 foram cultivadas sob pivô central com aplicação nos estádios: vegetativo, florescimento, formação de vagens, enchimento de grãos, formação de vagens + enchimento de grãos, vegetativa + florescimento + formação de vagens + enchimento de grãos. Ao final do ciclo foram analisadas características de crescimento e produtividade final. A aplicação de Protex® proporcionou menor ramificação nas duas cultivares de feijoeiro. A cultivar BRS Fc 104 apresentou maior número de galhos, entrenós, número de vagens, número de grão e produtividade. Já a BRS MG Realce apresentou apenas maior diâmetro do caule e entrenós. Conclui-se que a aplicação de protetor solar promoveu incremento nos parâmetros fisiológicos, biométricos e de produtividade em plantas de feijoeiro, principalmente no cultivar BRS FC 104.

Termos de Indexação: *Phaseolus vulgaris*, irrigação, genótipos, fotossíntese

CHAPTER II

[Standards according to the Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) magazine]

Sunscreen application on two cultivars of irrigated beans, grown in the Cerrado (Brazilian Savannah)

Abstract - The bean crop faces limitations in the Brazilian Cerrado due to climatic factors and developing adapted cultivars; studies are needed about using commercial products that mitigate the climatic effects. This study aimed to evaluate the effect of applying leaf protector based on calcium carbonate and additives for growth and yield of two irrigated bean cultivars in the Cerrado. Two cultivars (BRS MG Realce and BRS FC 104) were cultivated under center pivot with sunscreen application at the phases of vegetative, flowering, pod formation, grain filling, pod formation + grain filling, and vegetative + flowering + pod formation + grain filling. Growth and final yield characteristics were analyzed at the end of the cycle. The application of Protex® provided less branching in the two bean cultivars. The cultivar BRS Fc 104 showed the highest number of branches, internode distance, number of pods, number of grains and productivity. BRS MG Realce, on the other hand, presented only a larger stem diameter and between nodes. The BRS Fc 104 cultivar had showed the highest number of branches, internode distance, number of pods, number of grains, and yield. BRS MG Realce cultivar has showed only a larger stem diameter and higher distance among nodes. It is concluded that the sunscreen application promoted increasing in physiological, biometric, and yield parameters in bean, mainly in the BRS FC 104 cultivar.

Index Terms: *Phaseolus vulgaris*, genotypes, irrigation, photosynthesis

Introdução

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem seu cultivo bem difundido em todo o território nacional por ter grande adaptabilidade às diferentes regiões produtoras, sendo parte

dessa característica função de genótipos adaptados às diferentes condições edafoclimáticas. As cultivares BRS MG Realce e BRS FC 104 são exemplos bem-sucedidos de melhoramento do feijoeiro no Brasil (Melo *et al.*, 2017), sendo aptas à produção nas regiões Centro-Oeste, Sul e Nordeste (Melo *et al.*, 2014a, 2019).

O cultivo do feijoeiro no Cerrado enfrenta desafios e limitações como déficit hídrico, excesso de radiação e altas temperaturas. O déficit hídrico vem sendo minimizado com técnicas de irrigação, sendo o método de pivô central um forte aliado, aumentando a produtividade e racionalizando o uso dos recursos hídricos com manejo adequado. Na cultura do feijoeiro (metabolismo C3) em condições ideais de água no solo, altas temperaturas e altos índices de radiação solar comprometem a fotossíntese e impactam na produtividade da cultura (Santis *et al.*, 2019).

A redução da fotossíntese se dá em função do fechamento estomático e dos danos ao aparato fotossintético causados pelo excesso de radiação que chega à superfície dos tecidos vegetais. O uso de produtos comerciais que mitiguem esses efeitos negativos das condições de clima como as do Cerrado vem se difundindo no meio agrícola. Os chamados “protetores solares para planta” têm como base de formulação o carbonato de cálcio, que é um promissor filtro solar.

A utilização desses produtos já foi testada em maçã (Aly *et al.*, 2010), uva (Ahamed *et al.*, 2013), roseira (Sotelo-Cuitiva *et al.*, 2011), algodão (Showler, 2002), tomate (Ćosić *et al.*, 2018), feijão-vagem (Abdallah *et al.*, 2019) e outras culturas, e os resultados se mostraram satisfatórios na proteção contra o excesso de radiação, que pode causar queimaduras em frutos e elevação da temperatura dos tecidos vegetais (Garrido *et al.*, 2019). Estes protetores se mostram eficientes ainda no consumo de água em condições de estresse hídrico e otimizam parâmetros fotossintéticos do feijão-caupi (Oliveira Júnior *et al.*, 2019).

Estes produtos agem pela formação de uma película protetora sobre as folhas, que, por sua vez, é capaz de refletir o excesso da radiação incidente, reduzindo o risco de danos pelo acúmulo de carga de calor e aumento da temperatura. O uso desses protetores favorece ainda o uso de água pela planta, levando a uma maior densidade estomática, conseqüentemente aumentando a capacidade de regulação estomática, equilibrando a transpiração com o desempenho fotossintético (Zhang *et al.*, 2016; Brito *et al.*, 2019).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de protetor solar à base de carbonato de cálcio e aditivos em diferentes fases fenológicas no crescimento e produtividade de duas cultivares de feijoeiro comum irrigadas no Cerrado.

Diante do exposto, objetivou-se trabalhar nesse estudo com as seguintes hipóteses a respeito do uso de protetor foliar à base de carbonato de cálcio em duas cultivares de feijoeiro comum irrigadas no Cerrado: 1) atenuar os efeitos de estresse em cultivares de feijoeiro em diferentes fases fenológicas; 2) induzir melhor performance fotossintética em duas cultivares de feijão; e 3) auxiliar na diminuição da temperatura foliar nas plantas sob alta luminosidade. Assim, objetivou-se validar a possível influência da aplicação de protetor foliar à base de carbonato de cálcio em duas cultivares de feijoeiro comum irrigadas no Cerrado nas diferentes fases fenológicas.

Material e métodos

Material vegetal e condições de cultivo

O experimento foi conduzido no campo experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, no período de maio a agosto de 2019, nas coordenadas geográficas -

15°35'49'' S; -49°60'66'' W e 546 m de altitude. O clima do local é classificado no Sistema Internacional de Koppen- Geiger como Aw, com verão quente chuvoso e inverno seco ameno.

O solo da área de condução do experimento passou por preparo convencional com auxílio de implementos agrícolas mecanizados, tendo sido feitas uma aração e duas gradagens. A adubação foi baseada em análise física e química de solo feita pelo laboratório de análises de solo Unisol em Goianésia – GO. As características do solo foram: areia = 445 g kg⁻¹; silte = 134 g kg⁻¹; argila = 421 g kg⁻¹; pH (em CaCl) = 5,1; matéria orgânica = 16,49 (mg dm⁻³); C.O. = 9,6 (mg dm⁻³); Ca⁺² = 2,77 (cmolc dm⁻³); Mg⁺² = 1,28 (cmolc dm⁻³); Al⁺² = 0,0 (cmolc dm⁻³); H + Al = 2,37 (cmolc dm⁻³); Ca+Mg= 4,05 (cmolc dm⁻³); Ca/Mg= 2,16; K = 126,00 (mg dm⁻³); B= 0,60 (mg dm⁻³); T = 6,74 (cmolc dm⁻³); P = 28,00 (mg dm⁻³); e V = 65 (%).

A adubação de sementeira foi feita com 14 kg ha⁻¹ de N, 105 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 35 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando a formulação 04-30-10. As sementes foram tratadas com Standak Top[®] e Cruiser[®] antes da sementeira. A área experimental apresentava 17,5m de largura e 20 m de comprimento, totalizando uma área de 350 m². Cada parcela contou com 5m² com 5 linhas, tendo sido adotada uma população de 240.000 plantas ha⁻¹. O espaçamento foi de 0,5 m entre linhas e 12 sementes por metro linear. A sementeira ocorreu no dia 19/05/2019 e a emergência das plantas, no dia 26/05/2019.

Posteriormente à emergência das plantas, conforme a necessidade, foram feitos tratamentos culturais como adubação de cobertura (22 DAS), fornecendo 72 kg ha⁻¹ de N, utilizando ureia como fonte de nitrogênio. O controle de plantas daninhas foi feito aos 29 DAS por capina manual. Para controle de insetos praga e doenças, foram feitas três pulverizações: primeira aplicação: Platinum neo, Tiger, Clorpirifós e Basagran; segunda aplicação: Platinum Neo, Tiger, Recop e Unizeb gold; e terceira aplicação: Sumilex, Pirete e Belt, aos 15, 30 e 50 DAS, respectivamente.

A irrigação foi manejada utilizando tanque Classe A instalado na unidade meteorológica do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres. Não houve precipitação pluviométrica no período e a necessidade hídrica da cultura foi suprida via irrigação por sistema de pivô central. A Figura 1 mostra os valores de Evaporação de água livre no tanque Classe A ETc e ETo durante a condução do experimento.

Imposição dos tratamentos

Os tratamentos foram impostos na fase vegetativa, florescimento, formação de vagens, enchimento de grãos, formação de vagens + enchimento de grãos, fase vegetativa + florescimento + formação de vagens + enchimento de grãos e controle. Foi feita aplicação manual do produto comercial Protex[®]. O preparo da calda consistiu na diluição de 2 L ha⁻¹ do produto comercial Protex[®] (425g L⁻¹ de carbonato de cálcio e 17 g L⁻¹ nitrogênio) e as aplicações ocorreram aos 20, 34, 46, 52 DAE, com auxílio de um pulverizador costal.

No momento da colheita, foram excluídas duas linhas de bordadura de cada parcela e colhidas plantas em um metro linear das três linhas centrais. A colheita foi realizada de forma manual no dia 18/08/2019, totalizando 88 dias após semeadura (DAS). A parcela útil colhida foi colocada em sacos identificados em que foram analisadas as variáveis em cinco plantas ao acaso. As cinco plantas de cada parcela foram separadas e levadas para secagem e trilhamento.

Avaliações biométricas

Foram avaliados a altura de inserção da primeira vagem (AIPV), o número de galhos (NG), o diâmetro de caule (DC) a um cm do nível do solo, com auxílio de paquímetro, a

distância entre os nós (DEN), o número de vagens por planta (NVP), o número de grãos por planta (NGP) e o peso de grãos por parcela útil colhida, o que resultou na produtividade final (PROD).

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x7, duas cultivares (BRS MG Realce e BRS FC 104) e sete aplicações de protetor solar (fase vegetativa, florescimento, formação de vagens, enchimento de grãos, formação de vagens + enchimento de grãos, fase vegetativa + florescimento + formação de vagens + enchimento de grãos e controle), com cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias feita pelo teste Tukey a 5%, utilizando o Software Sisvar 5.6.

Resultados e discussão

As cultivares apresentaram diferenças após a aplicação de Protex[®] para as variáveis número de ramos, diâmetro de caule, distância entre os nós, número de vagem por planta, número de grãos por planta e produtividade (Tabela 1).

O número de galhos foi superior no tratamento sem aplicação do protetor foliar (Fig. 3). Nas fases de floração, formação de vagens e fase vegetativa + floração + formação de vagens + enchimento de grãos, foram observadas as menores médias em resposta à aplicação de Protex[®].

A deposição do produto sob as folhas pode ter alterado a percepção dos receptores de luz conhecidos como fitocromos, responsáveis por transmitir o estímulo recebido da luz,

influenciando na diferenciação e gasto energético nos órgãos vegetativo ou reprodutivo (Goulart *et al.*, 2010). As plantas de feijoeiro com aplicação de Protex[®] direcionaram uma energia maior para alongamento horizontal do caule, reduzindo gastos com ramificações, área foliar e sistema radicular. Acredita-se ainda que essas funções sejam desempenhadas por intermediações hormonais.

Entre os principais fito-hormônios, temos as citocininas, que estão envolvidas em diversos processos fisiológicos das plantas e podem inibir ou estimular características como altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, massa seca da parte aérea, altura de inserção do primeiro nó, atuando na divisão celular, formação de grãos, dominância apical e retardação da degradação da clorofila (Abu-Romman *et al.*, 2015). Os teores de citocininas podem ter sido aumentados em razão da maior reflectância da radiação incidente provocada pela aplicação do produto, provocando, assim, maior dominância apical e não diferenciação de brotações laterais (Almeida & Rodrigues, 2016), por consequência, as plantas que não receberam o produto obtiveram maior número de galhos.

Outras sínteses de hormônios podem ter sido afetadas pela redução da luz captada pelas plantas, caso das auxinas e giberelinas, que estão ligadas, principalmente à expansão celular e ao crescimento das plantas (Almeida & Rodrigues, 2016). Com a redução das citocininas principalmente, os níveis de giberelina podem ter sofrido aumento, levando as plantas a crescer mais e a produzir, até determinada fase vegetativa, mais folhas fotossinteticamente ativas (Pedó *et al.*, 2018).

A cultivar BRS Fc 104 apresentou maior número de galhos, distância entre os nós, número de vagens por planta, número de grão por planta e produtividade. Já a BRS MG Realce apresentou maior diâmetro do caule e entrenós (Tabela 2).

Pelo fato de a cultivar BRS FC 104 ter hábito indeterminado e a cultivar BRS MG Realce hábito determinado, as diferenças morfológicas como ramificação, floração, vagens e

produção foram mais evidentes entre ambas. Rabelo *et al.* (2017) expõem que os ráceros podem ser do tipo axilar para crescimento indeterminado e do tipo terminal para hábito de crescimento determinado, relatando ainda que outras características como número e comprimento entre os nós estão relacionadas com essa característica da planta além de corresponder diretamente à característica de altura de planta.

A aplicação de Protex[®] no cultivar BRS MG promoveu incremento somente na variável número de galhos, isso pode ter ocorrido pelo fato de as plantas aparentemente não terem sido submetidas a nenhum tipo de estresse além do luminoso. Em condições de estresse hídrico associado a excesso de radiação e altas temperaturas, o uso de protetor no feijoeiro pode gerar benefícios ao aparato fotossintético assim como relatado por Oliveira Júnior *et al.* (2019). Além disso, com o desenvolvimento das plantas, ocorreu o autossombreamento, equiparado ao efeito de sombreamento imposto pela aplicação de protetor.

Conforme observado, a cultivar BRS MG Realce apresentou caules mais robustos com característica mais lenhosa, o que conferiu à planta maior resistência à entrada de patógenos (Sousa & Lima, 2010), assim como propiciou porte mais ereto, tornando-a mais resistente ao acamamento, fatores de grande importância no processo de colheita mecanizada. Vale salientar ainda que a formação de caules mais resistentes desempenha funções importantes na melhoria do transporte de água e nutrientes, conferindo, além de sustentação, melhoria dos processos fisiológicos e morfológicos das plantas (Conceição *et al.*, 2018).

Diferentemente do que foi observado para a cultivar BRS MG Realce, a cultivar BRS Fc 104 mais entrenós, o que pode ocasionar maior altura de inserção da primeira vagem, característica indesejável do ponto de vista produtivo. Apesar do maior distanciamento entre os nós observado na cultivar BRS Fc 104, a altura de inserção da primeira vagem não foi influenciada, mas vale ressaltar que cultivares que apresentam essas características acarretam problemas de manejo das plantas, qualidade de grãos e ineficiência na colheita com

automotriz (Souza *et al.*, 2010).

O número de grãos por vagem e de vagens por planta de feijoeiro apresentou um incremento com o aumento da irrigação. Apesar de esses fatores serem fortemente influenciados por características genéticas de cada cultivar, esse incremento na produção pode estar relacionado com a capacidade de resposta da cultivar à irrigação e à relação fonte-dreno (Magalhães *et al.*, 2019). Na relação fonte-dreno, mais uma vez entra a atuação dos hormônios, a associação entre auxinas e citocininas, sendo a parte aérea estimulada quando as citocininas dominam as auxinas, explicando bons resultados para NVP e NGP, pois, com a atuação desse hormônio intensificado por sua relação com a luz, as vagens se tornaram drenos mais fortes que o sistema radicular (Zürcher *et al.*, 2016).

A produtividade final foi resultado da associação conjunta de fatores favoráveis à planta ao longo do ciclo. O número de vagens por planta e o número de grãos que essas vagens geraram influenciaram na produtividade, porém não foram fatores únicos, uma vez que se a planta não tivesse condições favoráveis para translocar seus assimilados da fonte para seus drenos, eles não se desenvolveriam (Magalhães *et al.*, 2019).

A cultivar BRS MG Realce, por apresentar hábito de crescimento indeterminado, pode ter ocasionado maior competição por fotoassimilados, acarretando, portanto, menor disponibilidade de energia para seus drenos. O que foi observado pelo fato de essa cultivar ter apresentado médias superiores de diâmetro de caule e menor produtividade, com média experimental de $1,56\text{t ha}^{-1}$ (Gomes *et al.*, 2016).

Segundo Melo *et al.* (2017), a cultivar BRS FC 104, em condições favoráveis de cultivo como nutrição, luminosidade, temperatura e pluviosidade, apesar de seu ciclo superprecoce, apresenta uma produtividade média de $3,792\text{ t ha}^{-1}$, a qual se aproxima do resultado obtido para esse trabalho, que foi de $3,35\text{t ha}^{-1}$. A cultivar BRS MG Realce apresentou média inferior àquela descrita por Melo *et al.* (2014b), a média experimental foi de

1,56t ha⁻¹, sendo a média comumente apresentada para a cultivar de 2,128 t ha⁻¹. Essas reduções nos parâmetros de produtividade podem estar relacionadas ao baixo vigor fisiológico da cultivar, culminando, portanto, na formação de plantas com baixo desempenho, o que conseqüentemente acarretou redução brusca na produtividade.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram claramente que as variações entre as cultivares BRS MG Realce e BRS FC 104 durante o cultivo foram capazes de induzir respostas distintas quanto aos parâmetros biométricos e produtivos. De fato, foi observado que, mesmo apresentando bons parâmetros biométricos após a aplicação do protetor Protex®, a cultivar BRS MG Realce, por apresentar crescimento indeterminado, acabou acarretando uma competição nutricional, o que se refletiu na redução de produtividade, diferentemente do que foi observado para a cultivar BRS FC 104. Estes resultados fornecem novas perspectivas para a produção de feijoeiros com aplicação de protetor comercial, com importantes implicações para a obtenção de maior produtividade e comportamento fisiológicos para diferentes cultivares.

Conclusão

Conforme observado, conclui-se que:

- a) A aplicação de aplicação de Protex® foi eficiente para promover maior número de galhos, entrenós, número de vagens por planta, número de grão por planta e produtividade para o cultivar BRS Fc 104;
- b) Para o cultivar BRS MG Realce a aplicação de Protex® promoveu incremento somente para os entrénos;
- c) Somente a cultivar BRS FC 104 apresentou incremento em produtividade após a aplicação, evidenciando que o hábito de crescimento indeterminado da cultivar

BRS MG Realce ocasionou maior competição por fotoassimilados, reduzindo, assim, a produtividade.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, que proporcionou todo o suporte para a realização do experimento.

Ao meu orientador, professor Dr. Cleiton Mateus Sousa, que sempre acreditou em meu potencial e proporcionou todo suporte necessário para a conclusão deste projeto.

Ao meu coorientador, professor Dr. Hyrandir Cabral de Melo, pela atenção especial para agregar e transmitir seus conhecimentos.

Aos professores do Programa de Mestrado em Irrigação no Cerrado, pela experiência compartilhada e ensinamentos, fundamentais na minha formação profissional.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo fornecimento de material vegetativo para implantação do experimento.

À empresa Santa Clara Agrociência, pela doação do produto utilizado como fonte protetora. Aos servidores e terceirizados do IF Goiano – Campus Ceres, que colaboraram e ajudaram na execução de inúmeras tarefas.

Aos alunos e amigos do programa de pós-graduação em Irrigação no Cerrado por me incentivarem e acima de tudo por serem companheiros nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos alunos de graduação do IF Goiano – Campus Ceres Vinícius, Letícia, Andressa, Gabriel, Wytalo e Hugo, pela ajuda nas atividades do experimento.

A todos aqueles que contribuíram para a realização desta dissertação, seja de forma direta ou indiretamente, deixo aqui registrados meu reconhecimento e minha gratidão.

Referências

- ABU-EOMMAN, S. M.; AL-HADID, K. A.; ARABIYYAT, A. R. Kinetin is the most effective cytokinin on shoot multiplication from cucumber. **Journal of Agricultural Science**, North York, v. 7, n. 10, p. 159-165, 2015.
- ABDALLAH, A. M.; MASHAHEET, A.; ZOBEL, R.; BURKEY, K. O. Physiological basis for controlling water consumption by two snap beans genotypes using different anti-transpirants. **Agricultural Water Management**, v. 214, n. October 2018, p. 17-27, 2019. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.12.029
- AHMED, F. F.; ABDEL AAL, A. M. K.; EL- SAYED, M. A.; SAYED, H. R. Protecting Red Roomy Grapevines Growing Under Minia Region Conditions from Sunburn Damage. **Stem Cell**, v. 4, n. 2, p. 15-20, 2013. <http://www.sciencepub.net/stem> ISSN: 1945-4732 (online)
- ALMEIDA, G. M.; RODRIGUES, J. G. L. Development of plants by interference auxins, cytokinins, gibberellins and ethylene. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 9, n. 3, p. 111-117, 2016.
- ALY, M.; EL-MEGEED, N. A.; AWAD, R. M. Reflective particle films affected on, sunburn, yield, mineral composition and fruit maturity of “Anna” apple (*Malus domestica*) trees. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 84-92, 2010.
- BRITO, C.; DINIS, L-T.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIA, C. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae**, v. 250, n. February, p. 310-316, 2019.
- CONCEIÇÃO, C. G. da; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C. CONCEIÇÃO, J. A. da. Desenvolvimento Vegetativo Do Feijoeiro Irrigado Com Diferentes Lâminas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 2, p. 2406-2417, 2018. DOI: 10.7127/rbai.v12n200676
- ĆOSIĆ, M.; STRIČEVIĆ, R.; DJUROVIĆ, N.; LIPOVAC, A.; BOGDAN, I.; PAVLOVIĆ, M. Effects of irrigation regime and application of kaolin on canopy temperatures of sweet pepper and tomato. University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Zemun, **Scientia Horticulturae**, v. 238, n. January, p. 23-31, 2018. www.elsevier.com/locate/scihorti
- GARRIDO, A.; SERÔDIO, J.; DE VOS, R.; CONDE, A.; CUNHA, A. Influence of Foliar Kaolin Application and Irrigation on Photosynthetic Activity of Grape Berries. **Agronomy**, v. 9, n. October, p. 18, 2019. DOI: 10.3390/agronomy9110685
- GOMES, G. R.; MORITZ, A.; FREIRIA, G. H.; FURLAN, F. F.; TAKAHASHI, L. S. A. Yield performance of bushing snap bean genotypes in two environments. **Scientia Agropecuaria**, v. 07, n. 02, p. 85-92, 2016. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2016.02.0
- GOULART, M. M. P.; WALKER, R.; GONÇALVES, A. H.; COSTA, K.; BRAZ, A. Crescimento vegetativo de cultivares de feijoeiro submetido a dois níveis de luminosidades.

Global Science and Technology, v. 03, n. 03, p. 31-39, 2010.

MAGALHÃES, I. D.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L. de; LYRA, G. B.; FERRAZ, R. L. de S.; CAVALCANTE JÚNIOR, C. A. Growth, production and yield of common bean under water replacement levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 10, p. 754-760, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n10p754-760>

MELO, L. C.; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JUNIOR, T. J. de; DEL PELOSO, M. J.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C. de; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A.; MARTINS, M.; VIEIRA, R. F.; MARTINS, F. A. D.; COELHO, M. A. de O.; COSTA, J. G. C. da; WENDLAND, A.; SANTOS, J. B. dos; CABRERA DIAZ, J. L.; CARNEIRO, P. C. de S.; DEL GIÚDICE, M. P.; FARIA, J. C. de. Cultivar release brsmg Realce: Common bean cultivar with striped grains for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 61-64, 2014a.

_____. **BRSMG Realce: cultivar de feijão comum de grãos rajados adaptada a colheita mecânica direta** Tecnologias para a sustentabilidade da cultura do feijão, 2014b.

_____. BRS FC104: Cultivar de Feijão-Comum Carioca Superprecoce. **Comunicado Técnico 239**, EMBRAPA, p. 7-10, 2017.

_____. BRS FC104 – Super-early carioca seeded common bean cultivar with high yield potential. v. 19, n. 4, p. 471-475, 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. de; SANTOS, P. L. de S.; LIMA, R. S. N. de; SILVEIRA, M. P. C.; FAGUNDES, J. L.; CARNELOSSI, M. A. G.; REIS, F. de O. Physiological parameters of cowpea treated with CaO-based particle film and subjected to water restriction. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00033>

PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; BACARIN, M. A.; ANTUNES, I. F.; KOCH, F.; MONTEIRO, M. A.; PIMENTEL, J. R.; TROYJACK, C.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Plant growth and vigor of bean seeds in response to the exogenous application of gibberellic acid. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 181-190, set. 2018.

RABELO, A. C. R.; RIBEIRO, D. F.; REZENDE, R. M.; ALCANTRA, E.; FREITAS, A. S. de. Adubação Nitrogenada Na Cultura Do Feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 825-841, 2017.

SANTIS, F. P. de; SALVADOR NETO, A.; CAVALCANTE, A. G.; FILLA; V. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B. Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 6, p. 21-30, 2019.

SHOWLER, A. T. Effects of Kaolin-Based Particle Film Application on Boll Weevil (Coleoptera : Curculionidae) Injury to Cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 4, p. 754-762, 2002.

SOTELO-CUITIVA, Y. M.; RESTREPO-DÍAZ, H.; GARCÍA-CASTRO, A.; RAMÍREZ-GODOY, A.; FLÓREZ-RONCANCIO, V. J. Effect of Kaolin Film Particle Applications

(Surround WP®) and Water Deficit on Physiological Characteristics in Rose Cut Plants (Rose spp L.). **American Journal of Plant Sciences**, v. 2, n. 3, p. 354-358, 2011.

SOUSA, M. A. de; LIMA, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca Comum. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 550-557, 2010.

SOUZA, C. A.; CLOVIS ARRUDA SOUZA, COELHO, C. M. M.; GUIDOLIN, A. F.; ENGELSING, M. J.; BORDIN, L. C. Influência do ácido giberélico sobre a arquitetura de plantas de feijão no início de desenvolvimento. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 325-332, 2010.

ZHANG, XIAOYU.; ZHANG, XIYING.; LIU,X.; SHAO, L.; SUN, H.; CHEN, S. Improving Winter Wheat Performance by Foliar Spray of ABA and FA Under Water Deficit Conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 35, n. 1, p. 83-96, 2016.

ZÜRCHER, E.; LIU, J.; DI DONATO, M.; GEISLER, M.; MÜLLER, B. Plant development regulated by cytokinin sinks. **Science** 02 Sep 2016: Vol. 353, Issue 6303, pp. 1027-1030 DOI: 10.1126/science.aaf7254

Tabela 1. Quadrado médio da análise de variância de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) submetidas à aplicação de protetor foliar. Ceres, GO, 2019.

FV	GL	NG	DC	DEN	NVP	AIPV	NGP	PROD
Cultivar	1	1210,86*	230,12*	312,54*	2439,36*	4,48 ^{ns}	159516,52*	56,32*
Aplicação	6	23,03*	1,40 ^{ns}	21,54 ^{ns}	123,20 ^{ns}	10,33 ^{ns}	2878,30 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Interação	6	11,66 ^{ns}	1,36 ^{ns}	13,60 ^{ns}	36,86 ^{ns}	12,41 ^{ns}	933,83 ^{ns}	0,66 ^{ns}
CV (%) =		30,76	16,23	18,50	37,41	24,60	40,78	28,70

FV - Fonte de variação; GL - grau de liberdade; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 2. Número de galhos (NG), diâmetro de caule (DC), distância entre os nós (DEN), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e produtividade (PROD) de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) irrigado. Ceres, GO, 2019.

CULTIVAR	NG (unid.)	DC (mm)	DEN (mm)	NVP (unid)	NGP (unid.)	PROD (t ha ⁻¹)
BRS Fc 104	10,56±0,27a	4,85±0,05b	21,94±0,30a	24,18±0,70 a	119,04±3,64a	3,35±0,97a
BRS MG Realce	6,84±0,11b	6,47±0,08a	20,05±0,28 b	18,90±0,49b	76,34±2,20b	1,56±0,56b

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Média ±SE (n=12).

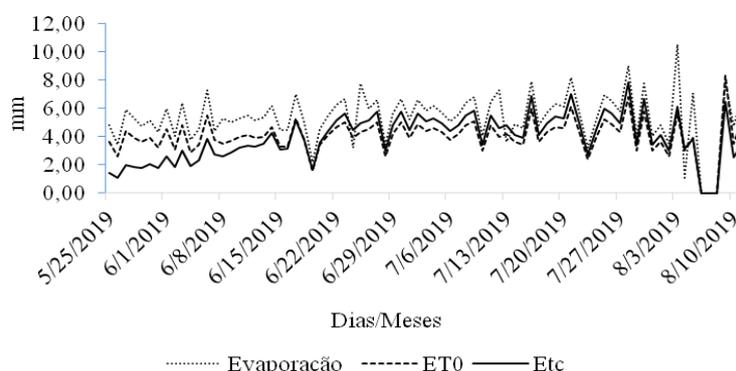


Figura 1. Evaporação de água livre no Tanque Classe A (ECA), Evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura no período experimental de cultivo de feijão irrigado. Ceres, 2019.

Fonte: A autora (2020).

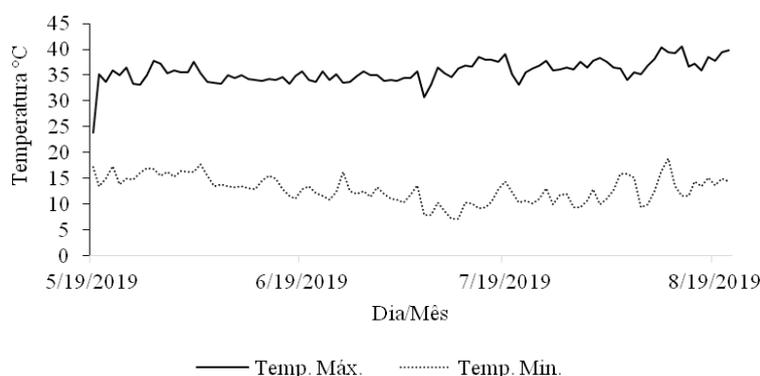


Figura 2. Temperatura máxima e mínima no período experimental de cultivo de feijão irrigado. Ceres, 2019.

Fonte: A autora (2020).

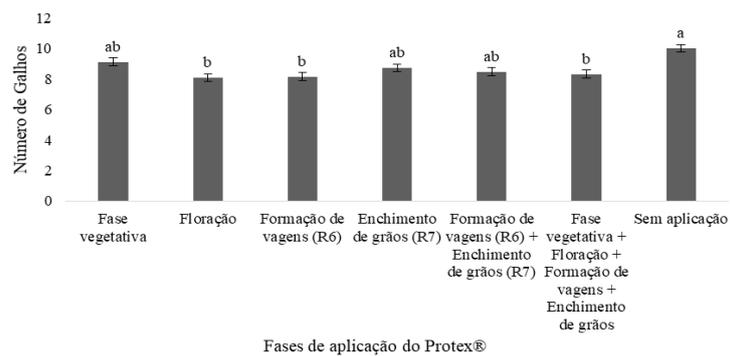


Figura 3. Número de galhos no cultivo de feijoeiro irrigado com aplicação de protetor solar. Os valores são apresentados como média \pm erro padrão ($n = 12$).

Fonte: A autora (2020).

Conclusão geral

O cultivo de feijoeiros sob sombreamento favoreceu parâmetros fisiológicos, biométricos e de produtividade, sendo 70% de sombreamento responsável por um incremento de 32,67% e 6,16% na produtividade em relação aos demais ambientes. Em relação ao uso de protetor solar (Protex®) de plantas no cultivo de feijoeiro em condições de Cerrado, ficou comprovado que não foi eficiente para promover um maior incremento nos parâmetros fisiológicos, biométricos e de produtividade em plantas de feijoeiro.